

04-06 nov | Clermont-Ferrand Egletons Limoges



# 4<sup>èmes</sup> JOURNÉES SCIENTIFIQUES

*Campus des Cézeaux dans les locaux du pôle commun Polytech/Isima, Clermont-Ferrand.*

(Illustration : Guy Costa)

## Programme et résumés des présentations

### Laboratoires hôtes (*contact*) :

Institut PASCAL, Clermont-Ferrand (*Eric Fournely*)

PIAF, Clermont-Ferrand (*Patricia Drevet*)

ICCF, Clermont-Ferrand (*Vincent Verney*)

LCSN, Limoges (*Guy Costa*)

GEMH, Egletons (*Frédéric Dubois*)

Edition des Actes : Sabine Caré, Joseph Gril

*Version du 02 novembre 2015*

<b>Session B (Mercredi 4/11 - présentations 17h-18h, encas/poster 19h30-20h30)</b>			
<b>n°</b>	<b>Labo, ville</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Titre</b>
B 1	Panibois, Marcilly en Vilette	<b>LAVALETTE Anne</b> , CANILLAS Sabine, DE BUSSAC Olivier	Elaboration d'un procédé de conservation du bois déroulé à l'état vert
B 2	BioWooEB, Montpellier	HU Jinbo, TONDI Gianluca, <b>CANDELIER Kévin</b> , THEVENON Marie-France	Analyse des eaux de lessivage par MP-AES d'un bois traité par des associations tannin-bore
B 3	<b>BioWooEB, Montpellier</b>	<b>GERARD Jean</b> , GUIBAL Daniel, LOTTE Sylvain, <b>LANGBOUR Patrick</b>	<b>Conductivité thermique de bois tropicaux</b>
B 4	BioWooEB / Boumerdes, Algérie	<b>DERBAL Wassila</b> , ZERIZER Abdellatif, GERARD Jean, GUIBAL Daniel	Point de saturation de fibres (PSF) de trois essences de bois d'Algérie
B 5	BioWooEB / U. Lomé, Lomé, Togo	<b>SEGLA Kossi Novinyo</b> , KOKUTSE Adzo Dzifa, LANGBOUR Patrick, GUIBAL Daniel, CHAIX Gilles, ADJONOU Kossi, KOKOU Kouam	Etude des propriétés physiques et des paramètres de couleurs de Pterocarpus erinaceus Poir en zones soudanienne, guinéenne et sahélienne
B 6	ArScAn, Paris	MAERKY Gisèle	Les hampes en bois des armes des chasseurs-cueilleurs Yamana et Alakaluf de Patagonie australe : des choix techniques différenciés ?
B 7	ArScAn, Paris	<b>CHICA-LEFORT Tiphanie</b> , ALIX Claire, SHARON Gonen	Technologie du bois végétal au Paléolithique : l'exemple des procédés techniques mis en œuvre par les chasseurs-cueilleurs du Proche-Orient
B 8	LaBoMaP, Cluny	<b>FAYDI Younes</b> , VIGUIER Joffrey, POT Guillaume, DAVAL Vincent, COLLET Robert, BRANCHERIAU Loïc	Prédiction des paramètres critiques pour le classement mécanique du bois à partir de la mesure de la pente de fil
B 9	LaBoMaP, Cluny	<b>GIRARDON Stéphane</b> , DENAUD Louis, POT Guillaume, KREBS Michael, COTTIN Fabrice	Détermination du module d'élasticité effectif par modélisation du déroulage d'un billon et des propriétés mécaniques intrinsèques du bois de peuplier
B 10	I. Pascal, Clermont-Fd	<b>DANG Djily</b> , MOUTOU PITTI Rostand, TOUSSAINT Evelyne, GREDIAC Michel	Identification à l'échelle du cerne des propriétés hydriques du bois par le biais de la méthode de la grille
B 11	I. Pascal, Clermont-Fd	NERGUIDIMA Mathurin, MENECIER Sébastien, <b>PERISSE Frédéric</b>	Modification superficielle du bois par plasma froid
B 12	I. Pascal, Clermont-Fd	<b>NGUYEN Sung Lam</b> , DESTREBECQ Jean-François	Un modèle incrémental 3D pour le comportement mécanosorptif du bois
B 13	I. Pascal, Clermont-Fd	<b>POUZET Martial</b> , CHARLET Karine, DUBOIS Marc, BEAKOU Alexis	Réactivité de fibres végétales vis-à-vis de la fluoration : vers une réduction de l'hydrophilie du bois
B 14	I. Pascal / GEMH, Clermont-Fd	<b>EL KABIR Soliman</b> , MOUTOU PITTI Rostand, RECHO Naman, LAPUSTA Yuri, DUBOIS Frederic	Etude paramétrique de la propagation de fissure en mode mixte : application au matériau bois
B 15	GEMH, Egletons	NGUYEN Tuan Anh, <b>ANGELLIER Nicolas</b> , DUBOIS Frédéric, ULMET Laurent	Transferts hygroscopiques dans le bois : Caractérisation de champs hydriques par imagerie électrique
B 16	GEMH, Egletons	<b>DUBOIS Frédéric</b> , SAUVAT Nicolas, MANFOUMBI Nicaise, ANGELLIER Nicolas	Comportement différé de poutres en flexion : cas des essences et climats tropicaux
B 17	GEMH, Egletons	<b>SAUVAT Nicolas</b> , DESAUZIERS Valérie, PLAISANCE Hervé, MOCHO Pierre	Qualité de l'air Intérieur et performance énergétique des maisons ossature bois
B 18	GEMH, Egletons	JAMAAOUI Amine, POP Octavian, COSTA Guy, <u>DUBOIS Frédéric</u> , GLOAGEN Vincent, VALLE Valéry	Caractérisation des paramètres de fissuration à partir d'un essai de fendage par coin et la corrélation d'images numériques

B03

## Conductivité thermique de bois tropicaux

GERARD Jean<sup>1</sup>, GUIBAL Daniel<sup>1</sup>, LOTTE Sylvain<sup>1</sup>, LANGBOUR Patrick<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.R. *Biomasse, Bois, Energie, Bioproduits* (BioWooEB) - Cirad, Montpellier, France  
[jean.gerard@cirad.fr](mailto:jean.gerard@cirad.fr)

**Mots clefs :** conductivité thermique, bois tropicaux, méthode du disque chaud

### Résumé

La conductivité thermique  $\lambda$  (en watts par mètre par kelvin,  $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ) d'un matériau caractérise son aptitude à conduire la chaleur. Cette grandeur est d'autant plus faible que le matériau est isolant. Elle dépend essentiellement de la nature du matériau et de la température, mais aussi de son taux d'humidité.

Les données disponibles sur la conductivité thermique des bois tempérés ou tropicaux sont très parcellaires et incomplètes alors que cette caractéristique est de plus en plus demandée par les opérateurs de la filière-bois, notamment ceux spécialisés dans les revêtements de sols techniques (planchers et parquets de différents types).

Une campagne d'essais a donc été conduite sur un échantillonnage de bois tropicaux et tempérés correspondant à une large gamme de densités afin de répondre à la demande de ces opérateurs. La base de données constituée servira à alimenter la prochaine version du logiciel *Tropix* ainsi que l'*Atlas des bois tropicaux* en cours d'élaboration.

Les mesures ont été réalisées dans le laboratoire de thermo-physique du Groupe d'Etudes des Matériaux Hétérogènes (GEMH, Centre Européen de la Céramique, Limoges).

La méthode du disque chaud a été utilisée. Elle est régie par la Norme Internationale ISO 22007-2 et basée sur l'utilisation d'une source plane transitoire. L'adaptation pratique de cette méthode est l'analyseur de conductivité thermique et diffusivité thermique *Hot Disk*. La sonde de l'analyseur *Hot Disk* se compose d'un motif conducteur électrique qui se présente sous la forme d'une double spirale en nickel sérigraphiée sur une feuille mince d'un matériau isolant (Kapton).

Pour effectuer une mesure de conductivité thermique, la sonde doit être placée entre deux échantillons du matériau à caractériser. Le principe de base du système est de fournir au matériau une puissance constante pendant un temps défini via la sonde du *Hot Disk* afin de générer une augmentation de température de un à plusieurs degrés. La sonde mesure également l'élévation de température.

Les échantillons de bois utilisés pour les mesures sont des planchettes de dimension standard Cirad (13 x 6 x 1 cm) dont le format est bien adapté au dispositif de mesure. En particulier, avec le paramétrage du dispositif choisi, l'épaisseur de 10 mm permet de considérer le milieu comme semi-infini, le front de chaleur ne sortant pas du matériau du côté opposé au disque chaud.

Lors de deux campagnes d'essais successives, 370 couples de planchettes correspondant à 43 essences différentes ont été testés. Les couples de planchettes ont été appariés ou non en fonction de leur densité et de leur orientation dosse - quartier.

Les essences testées sont principalement des feuillus tropicaux, ainsi que quelques feuillus et résineux tempérés.

Les densités des planchettes ont été déterminées à l'issue de la mesure.

La figure 1 présente les conductivités thermiques mesurées en fonction des densités moyennes des couples de planchettes testés.

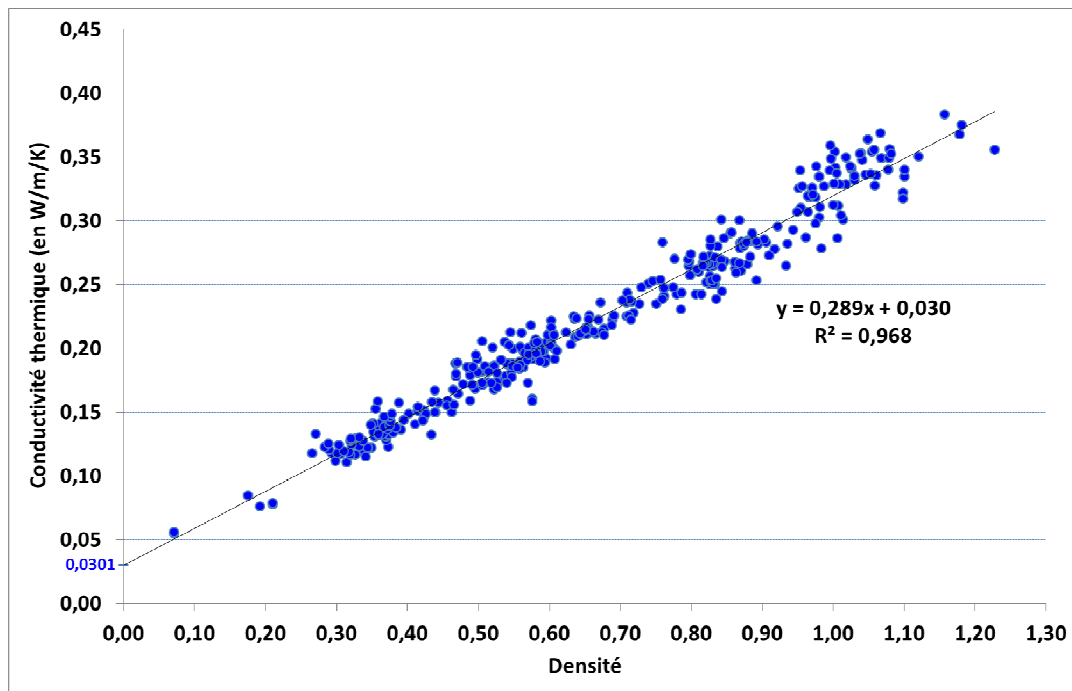


Fig.1 : conductivité thermique = f (densité) pour 370 couples de planchettes (43 essences tropicales et tempérées)

L'ordonnée à l'origine de la droite de régression (0,030) correspond à la conductivité thermique d'un bois « théorique » de densité nulle, c'est-à-dire de l'air. Dans la littérature, la conductivité thermique de l'air est donnée comprise entre 0,025 et 0,026 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> à 20°C ce qui confirme la qualité de la régression.

## Références

- Gustafsson S.E., (1990). Transient plane source techniques for thermal conductivity and thermal diffusivity measurements of solid materials. Rev. Sci. Instrum. 62, 797 (1991).
- Napoli A., Perré P., Ladevie B., Kouchade C.A., Monnier C., (2002). Caractérisation des propriétés de transfert dans le bois : méthodes rapides pour la détermination en routine de la diffusivité massique et de la conductivité thermique. Rapport final du contrat ADEME n°00 01 068, Cirad/Emac/Lermab/Ctba/Uffep, 62 pages.
- Niemz P., (2007). Untersuchungen zur Wärmeleitfähigkeit ausgewählter einheimischer und fremdländischer Holzarten. Bauphysik 29 (2007), Heft 4, 311-312.
- Smith D.S., Alzina A., Bourret J., Nait-Ali B., Pennec F., Tessier-Doyen N., Otsu K., Matsubara H., Elser P., Gonzenbach Urs T, (2013). Thermal conductivity of porous materials. J. Mater. Res., Vol. 28, No. 17, Sep 14, 2013.



# Conductivité thermique de bois tropicaux

La conductivité thermique  $\lambda$  (en watts par mètre par kelvin,  $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ) d'un matériau caractérise son aptitude à conduire la chaleur :  $\lambda$  est d'autant plus faible que le matériau est isolant.



Centre Européen de la Céramique (Limoges) :  
Dix-sept cercles oranges concentriques  
Œuvre de Felice Farini.

GERARD JEAN<sup>1</sup>, GUIBAL DANIEL<sup>1</sup>,  
LOTTE SYLVAIN<sup>1</sup>,  
LANGBOUR PATRICK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.R. Biomasse, Bois, Energie, Bioproduits  
(BioWooEB) - Cirad, Montpellier, France

jean.gerard@cirad.fr

## Pourquoi déterminer le $\lambda$ des bois tropicaux ?

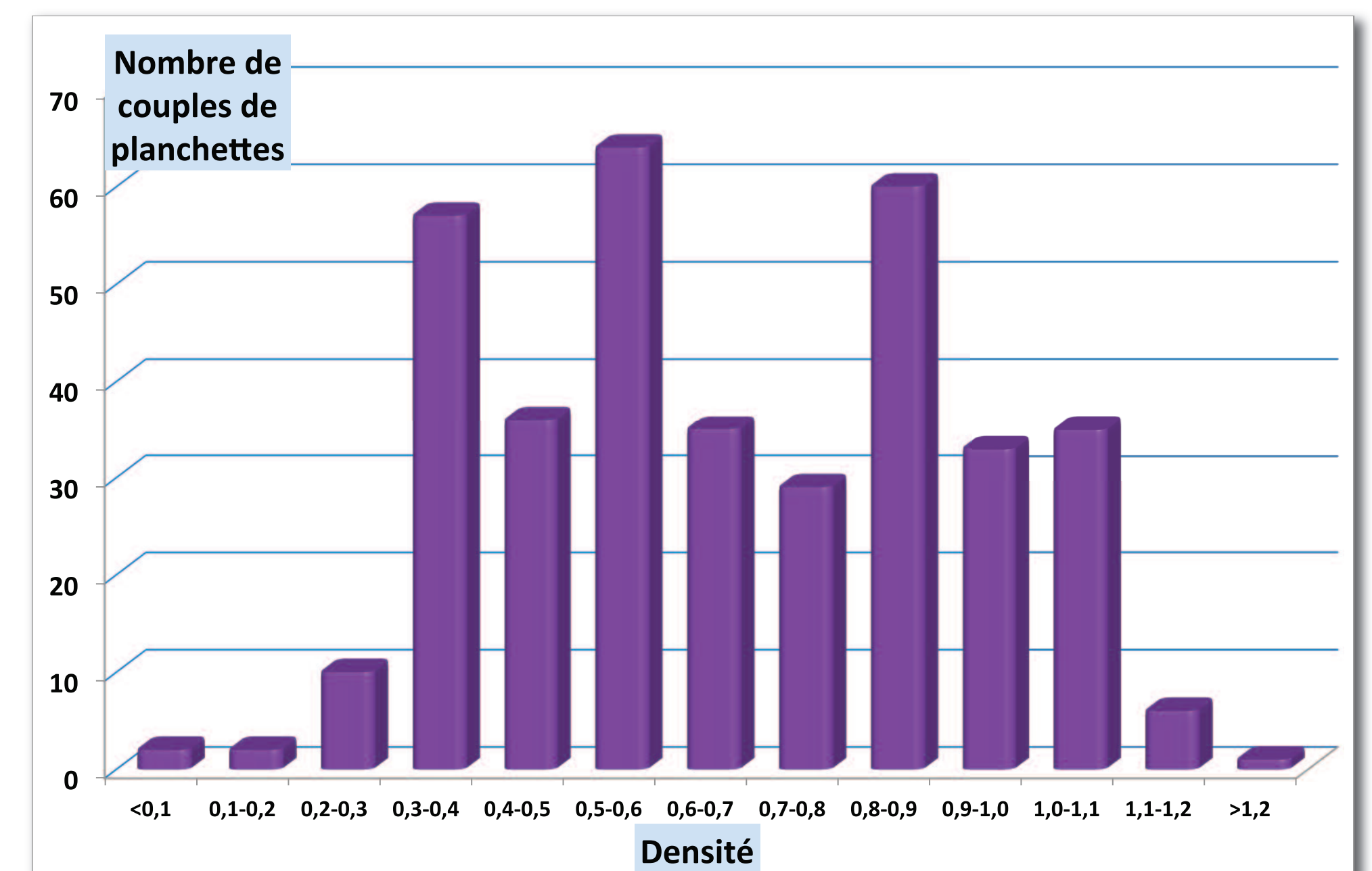
Caractéristique demandée par les opérateurs de la filière bois-construction

- Revêtements de sols techniques : planchers, parquets et dallages en bois...
- Menuiseries extérieures : fenêtres, portes fenêtres, portes palières, revêtements muraux...

Les données disponibles dans la littérature sur la conductivité thermique des bois tempérés ou tropicaux sont très fragmentaires et incomplètes.

## Matériel

- Planchettes de bois au standard Cirad : 13 x 6 x 1 cm
- 370 couples de planchettes testés correspondant à 43 essences différentes ; appariement ou non des couples de planchettes en fonction de leur densité et de leur orientation dosse / quartier.
- Essences testées : principalement des feuillus tropicaux + quelques feuillus et résineux tempérés.
- Essences sélectionnées afin que l'échantillonnage corresponde à une large gamme de densités.



Distribution des densités des bois testés.

## Méthode

Mesures réalisées dans le laboratoire de thermo-physique du Groupe d'Etudes des Matériaux Hétérogènes (GEMH, Centre Européen de la Céramique, Limoges)

- Méthode du disque chaud :
  - régie par la Norme Internationale ISO 22007-2
  - basée sur l'utilisation d'une source plane transitoire

Adaptation pratique de cette méthode : le **Hot Disk**, analyseur de conductivité thermique et de diffusivité thermique

- Sonde de l'analyseur **Hot Disk** : motif conducteur électrique formé d'une double spirale en nickel sérigraphiée sur une feuille mince d'un matériau isolant (Kapton).

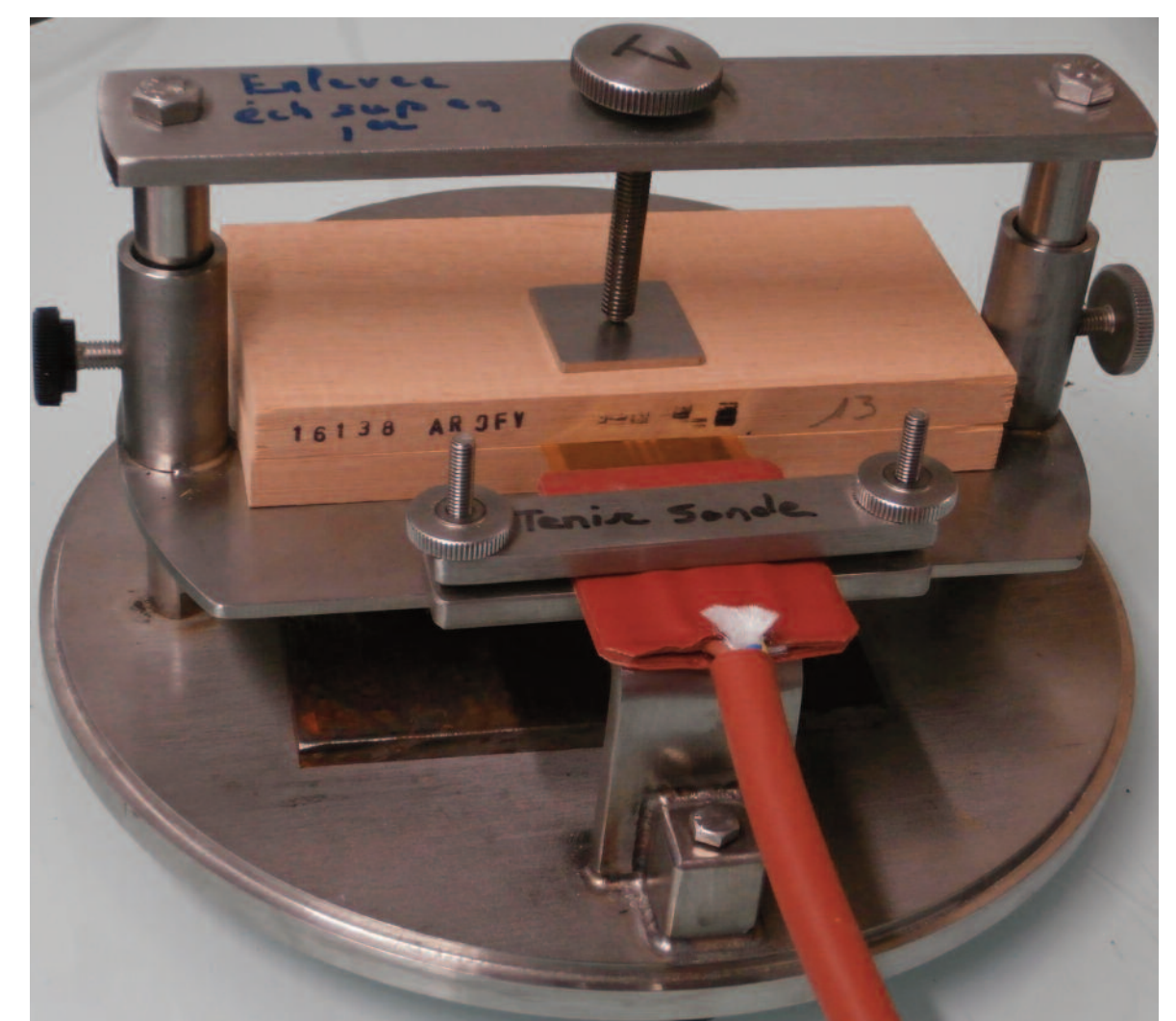
- La mesure : sonde placée entre deux échantillons du matériau à caractériser.

Le format des planchettes est bien adapté au dispositif de mesure : avec le paramétrage du dispositif choisi, l'épaisseur de 10 mm permet de considérer le milieu comme semi-infini, le front de chaleur ne sortant pas du matériau du côté opposé au disque chaud.

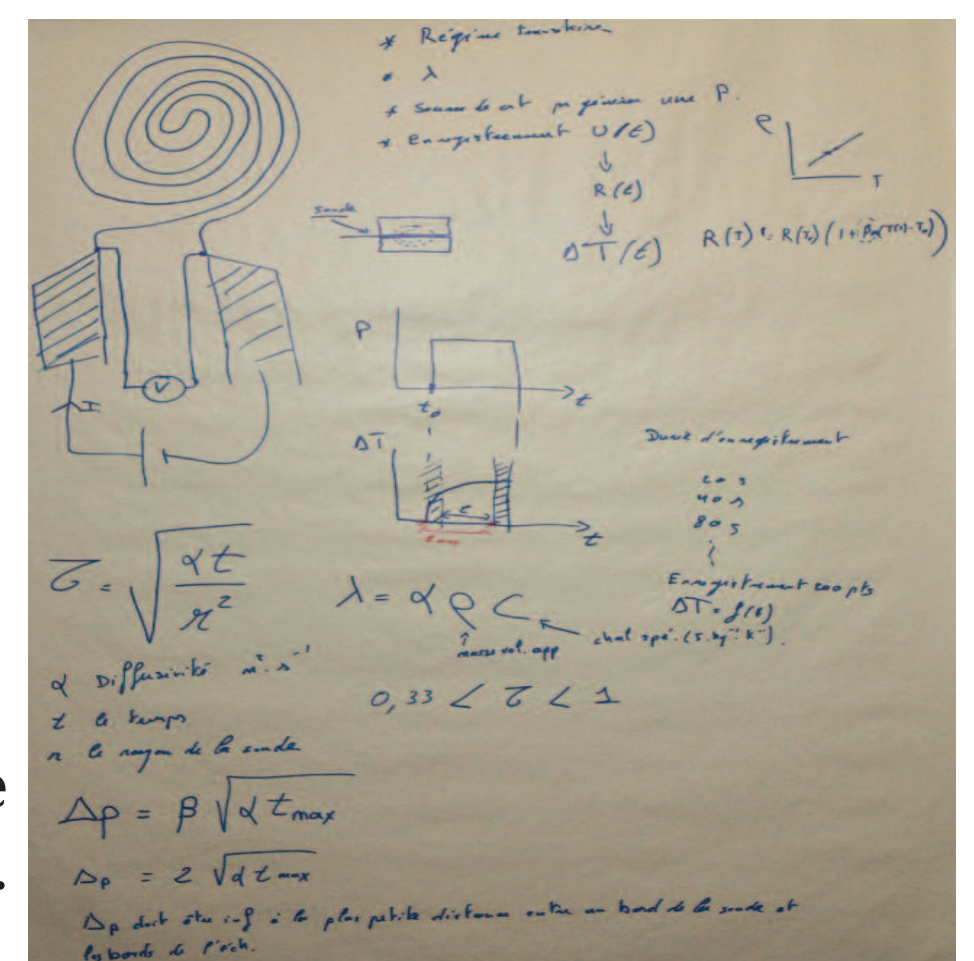
- Principe de base du système : fournir au matériau une puissance constante pendant un temps défini via la sonde du **Hot Disk** afin de générer une augmentation de température de un à plusieurs degrés ; la sonde mesure en simultané l'élévation de température.



Sonde de l'analyseur Hot Disk.



Mesure du  $\lambda$  de l'Arofy (*Commiphora* spp.) à l'aide du Hot Disk.



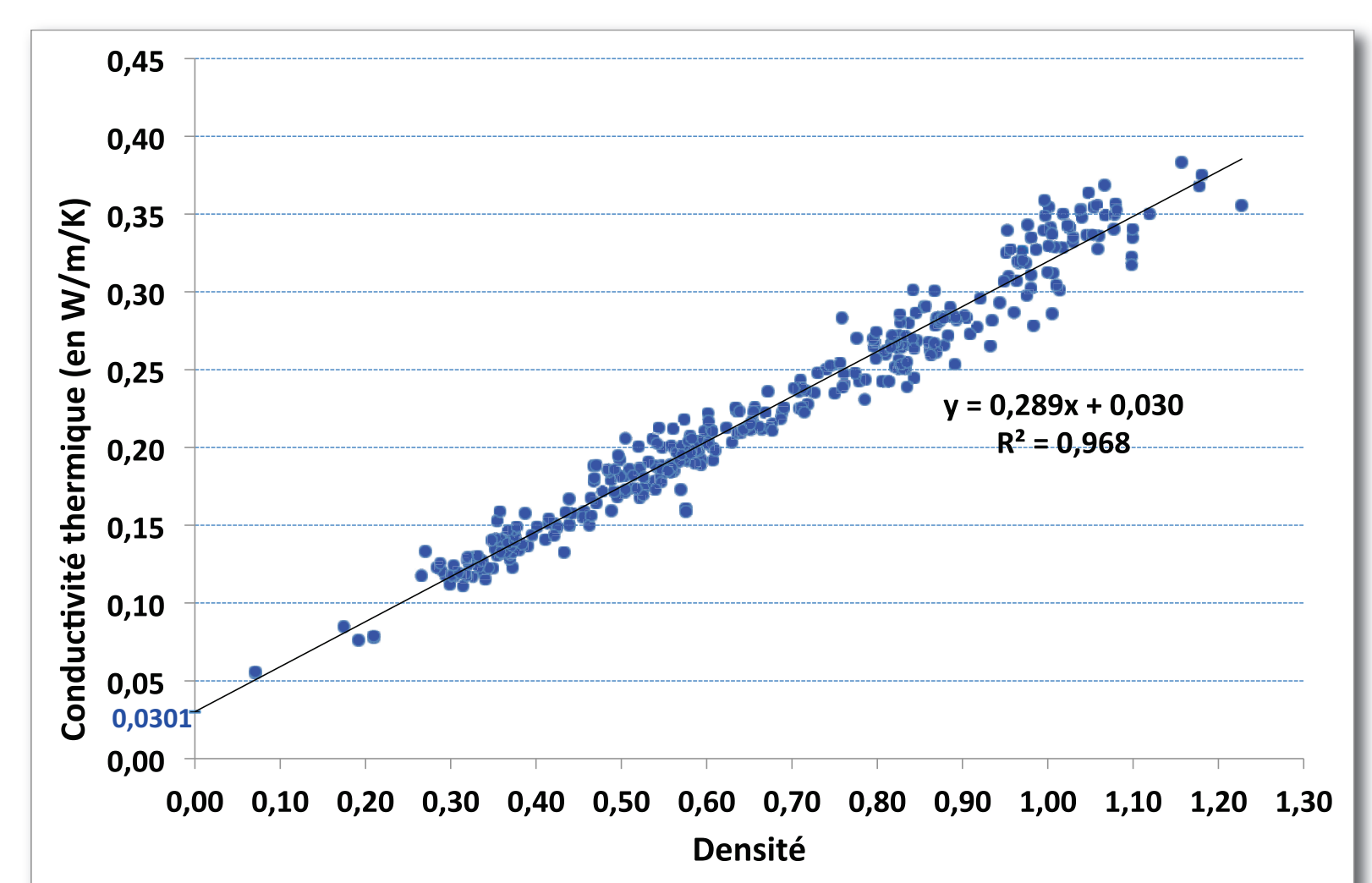
Principe de la mesure de conductivité thermique.

## Résultats

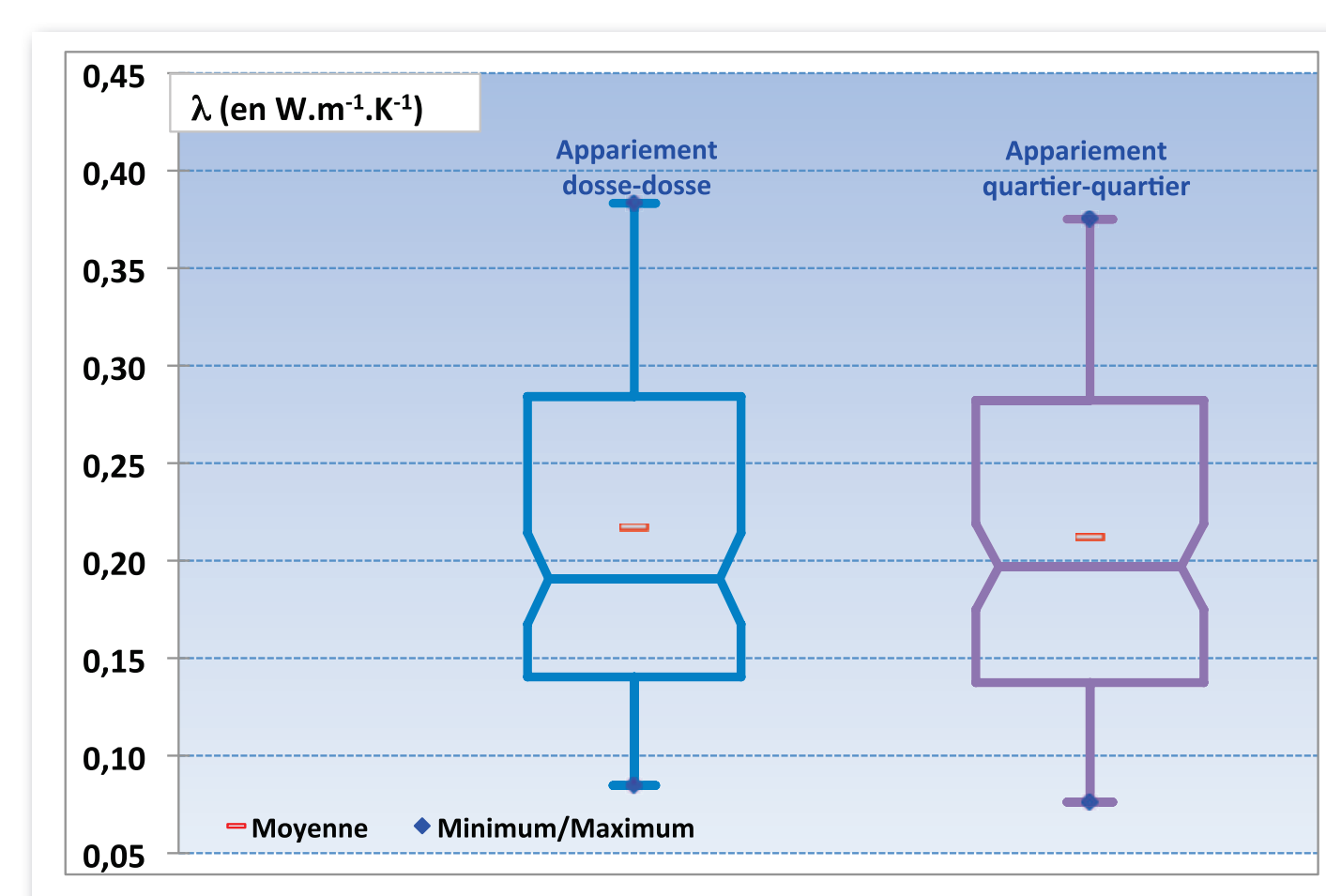
La conductivité thermique est très bien corrélée à la densité des bois

- L'ordonnée à l'origine de la droite de régression (= 0,030) correspond à la conductivité thermique d'un bois « théorique » de densité nulle, c'est-à-dire proche de l'air.
- Dans la littérature, la conductivité thermique de l'air est donnée comprise entre 0,025 et 0,026  $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  à 20°C ce qui confirme la qualité de la régression.

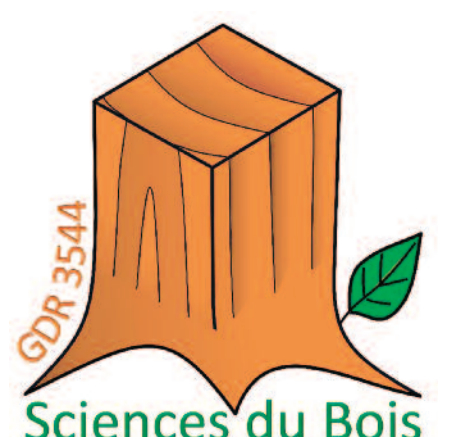
Aucune différence significative entre les mesures sur planchettes appariées dosse-dosse ou quartier-quartier.



Conductivité thermique = f (densité) pour 370 couples de planchettes (43 essences tropicales et tempérées)



Distribution des  $\lambda$  pour les appariements dosse-dosse et quartier-quartier.





Les données de  $\lambda$  collectées vont être intégrées dans l'*Atlas des bois tropicaux* qui sera publié en 2016 ainsi que dans la version 8 du logiciel Tropix.

### Références


- Gustafsson S.E., (1990). Transient plane source techniques for thermal conductivity and thermal diffusivity measurements of solid materials. Rev. Sci. Instrum. 62, 797 (1991).
- Napoli A., Perré P., Ladevie B., Kouchade C.A., Monnier C., (2002). Caractérisation des propriétés de transfert dans le bois : méthodes rapides pour la détermination en routine de la diffusivité massique et de la conductivité thermique. Rapport final du contrat ADEME n°00 01 068, Cirad/Emac/Lermab/Ctba/Uffep, 62 pages.
- Niemz P., (2007). Untersuchungen zur Wärmeleitfähigkeit ausgewählter einheimischer und fremdländischer Holzarten. Bauphysik 29 (2007), Heft 4, 311-312.
- Smith D.S., Alzina A., Bourret J., Nait-Ali B., Pennec F., Tessier-Doyen N., Otsu K., Matsubara H., Elser P., Gonzenbach Urs T., (2013). Thermal conductivity of porous materials. J. Mater. Res., Vol. 28, No. 17, Sep 14, 2013

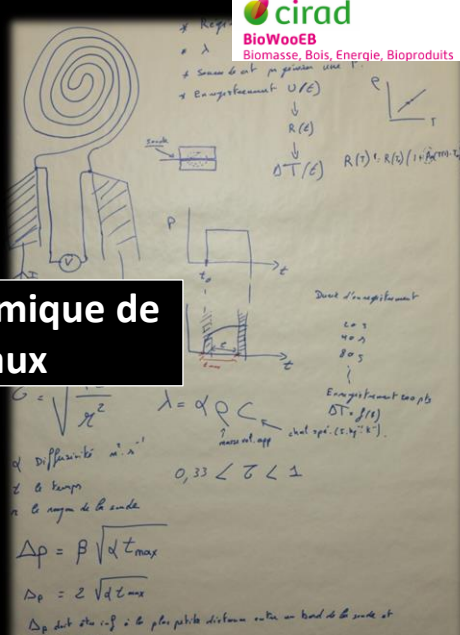






## Conductivité thermique de bois tropicaux

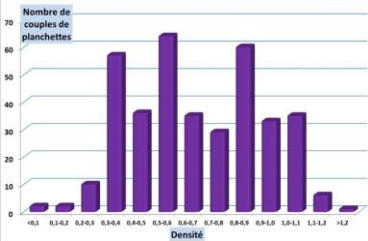




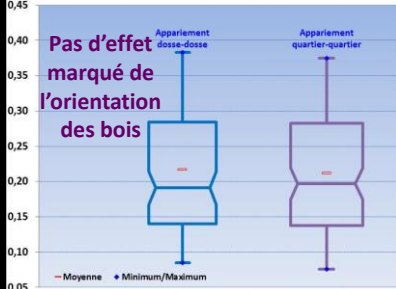
**J. Gérard, D. Guibal, S. Lotte, P. Langbour**

**Le λ des bois tropicaux est demandé par les opérateurs de la filière bois-construction**

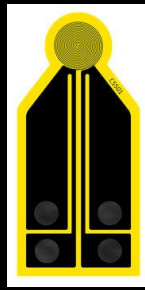
**🔗 Campagne d'essais sur une large gamme d'essences**



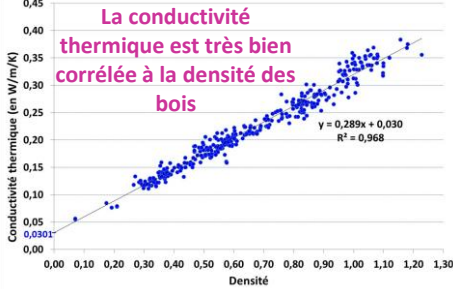
**Pas d'effet marqué de l'orientation des bois**



**Laboratoire de thermophysique du Groupe d'Études des Matériaux Hétérogènes - Centre Européen de la Céramique, Limoges) : méthode du disque chaud**



**La conductivité thermique est très bien corrélée à la densité des bois**



**👉 POSTER B3**